

# NETZSCH

Proven Excellence.



## Geschütztes Wärmeflussmessgerät – TCT 716 *Lambda*

Methode, Technik, Applikationen

Analyzing & Testing

# Präzise Bestimmung von Wärmewiderstand und Wärmeleitfähigkeit

Zwischen klassischen Wärmeflussmessgeräten und Laser Flash-Systemen

Das TCT 716 *Lambda* erlaubt Analyse-möglichkeiten an Proben mit optimalen Abmessungen: kleiner als herkömmliche HFM-Proben und größer als LFA-Proben. Dadurch lassen sich Untersuchungen an homogenen und inhomogenen Materialien mit niedrigen bis mittleren Wärmeleitfähigkeiten realisieren, wie beispielsweise Polymeren, Verbundwerkstoffen, Glass, Keramik, einigen Metalle etc.



# Unschlagbare Eigenschaften des TCT 716 *Lambda* – ZWEI UNABHÄNGIGE TESTSTAPEL

Basierend auf  
ASTM E1530

## Bedienung

Das robuste Design des geschützten Wärmeflussmessgeräts (engl. guarded heat flow meter GHFM) TCT 716 *Lambda* bietet eine einfache und unkomplizierte Handhabung von Soft- und Hardware. Dieses GHFM ist vollkommen software-geregelt, einschließlich der mittleren Temperatur und der aufgebrauchten Kraft. Zusätzlich lässt die Software eine unbegrenzte Anzahl an Temperaturschritten in einem Prüfzyklus für optimale Leistungsfähigkeit zu.

## Einzigtiger Aufbau – Zwei unabhängige Teststapel

Dieses GHFM verfügt über einen linken und rechten Teststapel und ermöglicht so die Prüfung an einer einzelnen Probe oder gleichzeitig an zwei Proben.

Die Teststapel sind unabhängig voneinander bezüglich Anpresskraft und Probendicke und können über den gesamten Temperaturbereich von -10 °C bis 300 °C betrieben werden. Diese Anordnung erhöht den Probendurchsatz sowie die Erfassung einer größeren Datenmenge in kürzerer Zeit.

## Präzise Regelung und hohe Auflösung

Das System besitzt eine präzise Temperaturregelung mit einer Auflösung von 0,1 °C. Es ist mit mehreren hochauflösenden Detektoren (RTD) ausgestattet, die eine genaue Messung des thermischen Gradienten über die Stapel- und Probendicke ermöglichen.

## Kosteneffiziente Kühlung

CO<sub>2</sub> ist ein natürliches Kühlmittel, das nachhaltige und energieeffiziente Kühlung in allen Bereichen bietet, von Lagerhäusern bis hin zu Eismaschinen – einschließlich des TCT 716 *Lambda*!

CO<sub>2</sub> hat einzigartige thermophysikalische Eigenschaften:

- Sehr guter Wärmeübergangskoeffizient
- Hoher Energiegehalt
- Relativ unempfindlich gegen Druckverluste
- Sehr geringe Viskosität

Im Gegensatz zu anderen GHFMs erlaubt dieses Design eine CO<sub>2</sub>-Kühlung mit optimaler Temperaturregelung. Eine teures Kühlaggregat wird nicht benötigt. Darüber hinaus ist eine Zwangskühlung des Geräts möglich und der CO<sub>2</sub>-Verbrauch über der Umgebungstemperatur ist gering.

# Präzise Bestimmung von Wärmewiderstand und Wärmeleitfähigkeit

Die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und des Wärmewiderstands von Metallen, Polymeren und Verbundwerkstoffen spielt für Ingenieure und Wissenschaftler eine wichtige Rolle. Die Kenntnis dieser Eigenschaften ist hilfreich bei der Entwicklung von Werkstoffen und Produkten, die hohen Temperaturen standhalten und thermischen Belastungen widerstehen müssen.

Der Wärmewiderstand ist die Fähigkeit eines Materials, dem Wärmefluss durch das Material standzuhalten. Er ist ein entscheidender Parameter für Materialien, die in Anwendungen wie der Elektronik, der Luft- und Raumfahrt, dem Automobilbau und in Energiesystemen zum Einsatz kommen.

In der Elektronik ist der Wärmewiderstand ein Schlüsselfaktor für die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit elektronischer Geräte wie Mikroprozessoren, die große Wärmemengen erzeugen. Ein zu hoher Wärmewiderstand eines in einem Gerät verwendeten Materials kann zu Überhitzung, verminderter Leistungsfähigkeit und schließlich zum Ausfall des Geräts führen. Daher werden Materialien mit geringem Wärmewiderstand für elektronische Anwendungen bevorzugt.

Auch in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Automobilindustrie sind beispielsweise Titanlegierungen, Kohlenstoffverbundwerkstoffe und keramische Werkstoffe mit hohem Wärmewiderstand erforderlich, um den hohen Temperaturen während des Betriebs standzuhalten.

Im Allgemeinen ist die Kenntnis des Wärmewiderstands entscheidend bei der Auswahl an Materialien und Produkten, der Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Performance sowie bei der Optimierung von Design- und Herstellungsprozessen. NETZSCH deckt mit einer großen Auswahl an Prüfgeräten, einschließlich Laser Flash-Systemen, dieses breite Spektrum ab.

Die Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) ist die Fähigkeit eines Materials, Wärme zu leiten. Der Wärmedurchgangskoeffizient, auch als U-Wert bezeichnet, ist der Kehrwert des gesamten Wärmewiderstands (R, siehe Formeln). Je niedriger der U-Wert, desto besser ist das Dämmvermögen

$$\lambda = \frac{\dot{Q}}{A} \frac{L}{\Delta T}$$

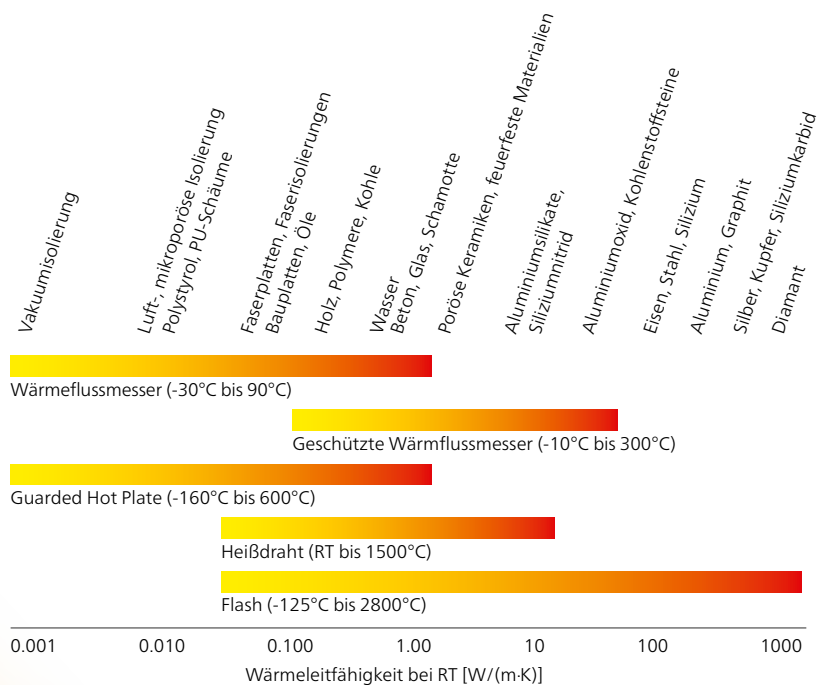
$\lambda$  in der Einheit SI [W/(m·K)] oder British Thermal Units [Btu in/(h·ft<sup>2</sup>·°F)]

$$R = \frac{L}{\lambda}$$

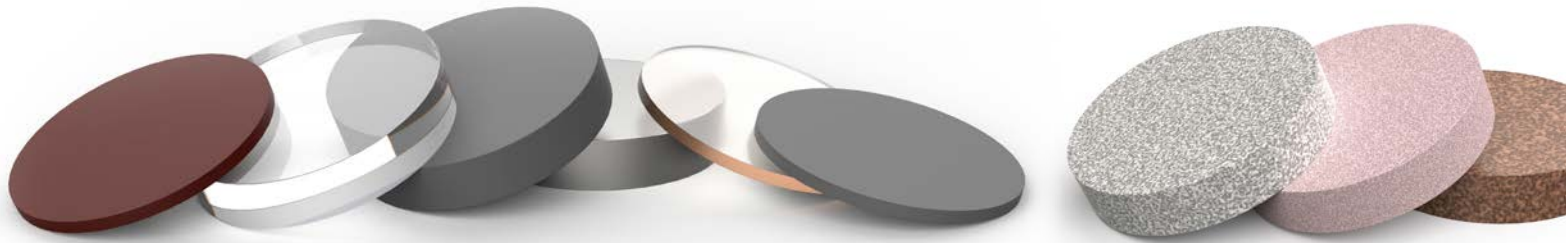
R in der Einheit SI [(m<sup>2</sup>·K/W)] oder British Thermal Units [(h·ft<sup>2</sup>·°F)/Btu]

$$U = \frac{1}{R}$$

U in der Einheit SI [W/(m<sup>2</sup>·K)]







## Warum ein Schutz?

Mit einem geschützten Wärme-flussmessgerät können Wärmeleit-fähigkeit und Wärmewiderstand genau bestimmt werden, denn Wärmequelle und Temperatursensor sind von einer Isolierung (Schutz) umgeben.

Im Betrieb unter höheren Temperaturen kann ein lateraler Wärmeverlust an die Umgebung auftreten, was einen erhöhten Messfehler zur Folge haben kann. Ein Schutz minimiert diesen Effekt und erhöht die Messgenauigkeit.

## Automatische Lastregelung

Wichtig ist ein reproduzierbarer thermischer Kontakt zwischen den Geräteplatten und der zu untersuchenden Probe, weshalb die Regelung der Belastung des TCT 716 *Lambda* automatisch erfolgt.

## Messung

Der Anwender misst die Dicke der Probe(n) und platziert sie zwischen zwei beheizbaren Platten, die auf unterschiedliche Temperaturen eingestellt sind. Direkt unterhalb den Plattenoberflächen sind Temperatursensoren (RTD) zur Messung des Temperaturabfalls der Probe angebracht. Ähnliche Sensoren sind auch in den oberen und unteren Teststapeln eingebettet, um den Wärmestrom durch die Probekörper zu messen. (Messbereich: 51 mm) Beim Erreichen stationärer Bedingungen werden diese Signale zur Berechnung der Wärmeleitfähigkeit herangezogen. Sobald die Software thermisches Gleichgewicht anzeigt, wird die Messung durchgeführt.

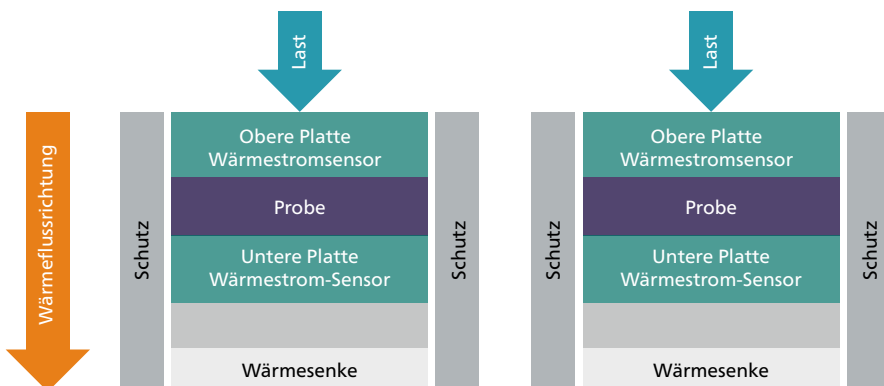
## Proben

Das TCT 716 *Lambda* erlaubt typischerweise Messungen an runden festen Proben im niedrigen und mittleren Leitfähigkeitsbereich wie beispielsweise Polymere (gefüllt und ungefüllt) und niedrig leitende Keramiken und Metalle einschließlich porösen Proben. Die Probenvorbereitung ist einfach durchzuführen, denn keine Temperatursensoren müssen in der Probe eingebettet werden. Die Probenvorbereitung erfolgt gemäß ASTM E1530. Bei festen Proben wird eine Wärmeleitpaste verwendet, um den thermischen Kontakt mit den Geräteplatten zu verbessern.

## Vorteile des GHFM

Das GHFM verkörpert eine zuverlässige und präzise Methode zur Messung der Wärmeleitfähigkeit und des Wärmewiderstands an einer Vielzahl an Festkörpern und leistet so einen wichtigen Beitrag zur materialwissenschaftlichen Forschung und Produktentwicklung.

- Hohe Genauigkeit: typischerweise < 3 %
- Zerstörungsfreier Test: Die zu untersuchenden Materialien können im Originalzustand gemessen werden, ohne sie zu zerstören oder anderweitig zu verändern
- Materialien: Metalle, Polymere, Keramiken, Verbundwerkstoffe usw.
- Probengröße: ø 51 mm, Dicke bis zu 31,8 mm – vorteilhaft für inhomogene Proben
- Einfache Handhabung



Schema des TCT 716 *Lambda* mit der Möglichkeit, zwei Proben gleichzeitig zu messen

## Gerätekalibrierung

Alle Voraussetzungen für eine Kalibrierung, wie z.B. das Verwalten von Referenzmaterialien, Temperaturstufen und Druck, sind softwarege-regelt. Integrierte Validierungsroutinen verifizieren die Kalibrierung. Das Gerät wird mit Materialien mit bekanntem Wärmewiderstand kalibriert. Eine Beziehung zwischen dem bekannten Wärmewiderstand des Kalibriermaterials und dem damit zusammenhängenden Temperaturunter-schied und dem Wärmestrom wird hergestellt.

In der Software sind Wärmeleitfähigkeitswerte von folgenden Materialien vordefiniert:

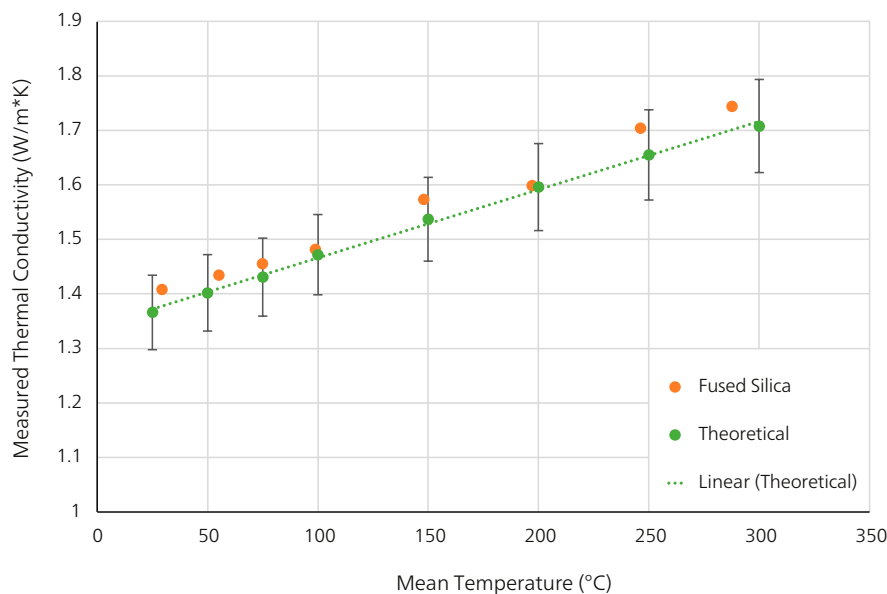
- Quarzglas
- Pyroceram 9606
- Vespel
- 304-Edelstahl

Darüber hinaus können Anwender ein eigenes Referenzmaterial eingeben (in Form einer K vs. T-Tabelle). Eine unbegrenzte Anzahl von Punkten ist möglich.

## Optimaler Probenkontakt

Für optimalen Probenkontakt bei starren Materialien fahren die Platten automatisch zusammen.

# KALIBRIERUNG UND APPLIKATION



## Wärmeleitfähigkeit von Quarzglas

Quarglas ist ein Glas, das aus amorphem Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) besteht. Es ist bekannt für seine hervorragenden thermischen, mechanischen und optischen Eigenschaften. Eine 12,7 mm dicke Probe wurde mit dem TCT 716 *Lambda* von Raumtemperatur bis 300 °C gemessen. Die Daten sind zusammen mit den Referenzdaten für Quarzglas aufgetragen; die Fehlerbalken liegen bei  $\pm 5\%$ .

## TCT 716 Lambda

### Allgemein

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Norm                              | Basierend auf ASTM E1530   |
| Betrieb                           | Externer PC, minimal i5 oder gleichwertig, 500 GB, 2x USB 3.0 (nicht beinhaltet) |
| Automatisierte Gerätekalibrierung | Ja; Referenzmaterial: Quarzglas  |
| Prüfkammer                        | Motorisiertes Öffnen, Schließen und Verriegeln                                   |

### Messdaten

|   |  |
|---|--|
| Bereich thermischer Widerstand              | 0,001 ... 0,030 m <sup>2</sup> ·K/W  |
| Bereich Wärmeleitfähigkeit                  | 0,1 ... ca. 45 W/(m·K) (bei geeigneten Probendicken)   |
| Genauigkeit Wärmeleitfähigkeit              | ±3 % Abweichung vom Literaturwert (abhängig von der Genauigkeit des Kalibriermaterials)                          |
| Wiederholbarkeit der Wärmeleitfähigkeit     | ±2 %, Messung an derselben Probe im selben Gerät nach Probenentnahme zwischen den Messungen                      |
| Messzeit für unterschiedliche Materialtypen | Im Allgemeinen < 2 h/Punkt, abhängig vom Messbereich, Anzahl der Temperaturstufen und Wärmeleitfähigkeit         |
| Anzahl an Temperaturpunkten                 | Unbegrenzte Anzahl an Prüftemperaturen; im Normalfall umfasst ein Test über den gesamten Bereich: 5 Temperaturen |
| Anzahl und Typ der Temperatursensoren       | Premium RTD Klasse A, in Schutzkapsel, 14 gesamt/Gerät, Auflösung: 0,01 °C                                       |
| Messbereich der Platten                     | 51 mm, rund, Vollquerschnitt   |

### Probenabmessungen

|                   |  |
|-------------------|--|
| Probengeometrie   | Rund   |
| Probenabmessungen | ø 51 mm nominal (2 in; +0,005 in, -0,050 in); Höhe bis 31,8 mm (1¼ inch) |
| Probenform        | Festkörper   |
| Probenanzahl      | Bis zu 2 unabhängige Proben, identische thermische Zyklen                |

### Anpresskraft und Lastregelung

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Variable Anpresskraft    | Programmierbar für nicht kompressbare Materialien |
| Anpresskraft/Genauigkeit | 5 ... 50 psi ± 5 psi                              |
| Lastregelung             | Automatisch                                       |

### Temperatur

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Temperatur                       | <ul style="list-style-type: none"><li>■ Heiße Platte: 350 °C max</li><li>■ Mittlere Probentemperatur: -10 °C bis 300 °C</li></ul> |
| Temperaturgradient               | Typischerweise 30 K, variabel   |
| Kühlsystem                       | Flüssig-CO <sub>2</sub>   |
| RTD-Auflösung                    | ±0,05 %, Klasse A RTD, Auflösung von ca. ±0,01 °C   |
| Positionen der Temperaturmessung | Spezifische Positionen entlang des Teststapels, bestehend aus oberer Platte/Probe/unterer Platte, Wärmesenke                      |

### Geräteabmessungen

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Dimensionen und Gewicht  | 460 mm (18") breit, 630 mm (25") tief, 510 mm (20") hoch, ca. 37 kg (80 lb) (ohne CO <sub>2</sub> -Zylinder) |
| CO <sub>2</sub> Zylinder | zwingend erforderlich für den Betrieb (nicht beinhaltet)   |

*Technische Daten*

Die NETZSCH Gruppe ist ein inhabergeführtes, international tätiges Technologieunternehmen mit Hauptsitz in Deutschland. Die Geschäftsbereiche Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme stehen für individuelle Lösungen auf höchstem Niveau. Ein weltweites Vertriebs- und Servicenetz gewährleisten Kundennähe und kompetenten Service.

Dabei ist unser Leistungsanspruch hoch. Wir versprechen unseren Kunden Proven Excellence – herausragende Leistungen in allen Bereichen. Dass wir das können, beweisen wir immer wieder seit 1873.

NETZSCH Technologie ist weltweit führend im Bereich der Thermischen Charakterisierung von annähernd allen Werkstoffen. Wir bieten Komplettlösungen für die Thermische Analyse, die Kalorimetrie (adiabatische und Reaktionskalorimetrie), die Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften, die Rheologie und die Brandprüfung. Basierend auf mehr als 60 Jahren Applikationserfahrung, einer breiten Produktpalette auf dem neuesten Stand der Technik und umfassenden Serviceleistungen erarbeiten wir für Sie Lösungen und Gerätekonfigurationen, die Ihren täglichen Anforderungen mehr als gerecht werden.

# Proven Excellence. ■

NETZSCH-Gerätebau GmbH  
Wittelsbacherstraße 42  
95100 Selb, Deutschland  
Tel.: +49 9287 881-0  
Fax: +49 9287 881-505  
at@netsch.com  
www.analyzing-testing.netsch.com



**NETZSCH®**

[www.netsch.com](http://www.netsch.com)